

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑪ **DE 4019988 A1**

⑤① Int. Cl. 5:
H 05 B 33/22
C 23 C 16/30
C 23 C 16/50

②① Aktenzeichen: P 40 19 988.6
②② Anmeldetag: 22. 6. 90
④③ Offenlegungstag: 10. 1. 91

DE 4019988 A1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
23.06.89 JP P 1-162138 05.07.89 JP P 1-173631
⑦① Anmelder:
Sharp K.K., Osaka, JP
⑦④ Vertreter:
ter Meer, N., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Müller, F.,
Dipl.-Ing., 8000 München; Steinmeister, H.,
Dipl.-Ing.; Wiebusch, M., Pat.-Anwälte, 4800
Bielefeld

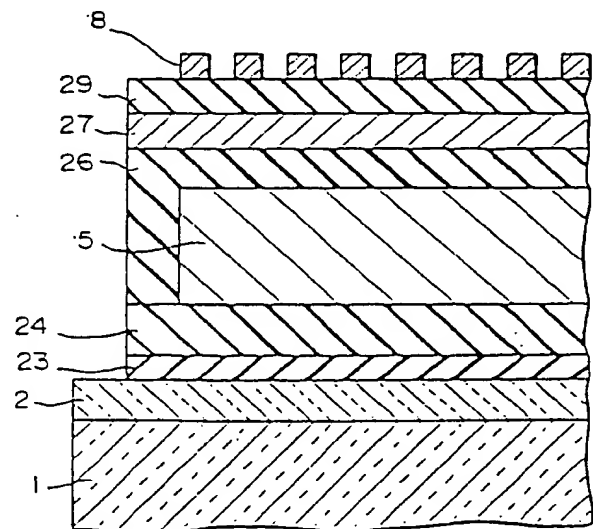
⑦② Erfinder:
Nakaya, Hiroaki; Yamashita, Takuo, Tenri, Nara, JP;
Ogura, Takashi; Yoshida, Masaru, Nara, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Dünnsfilm-ELD

Ein Dünnsfilm-ELD weist eine erste dielektrische Schichtfolge (23, 24), eine Lumineszenzschicht (5) und eine obere dielektrische Schichtfolge (26, 27, 29) auf. Diejenigen Filme der beiden dielektrischen Schichtfolgen, die direkt an die Lumineszenzschicht angrenzen, sind SiN:H-Filme (24, 26), die maximal etwa $1,2 \cdot 10^{22}$ N-H-Bindungen pro cm^3 aufweisen. In der oberen dielektrischen Schichtfolge liegt ein amorpher Siliziumfilm (27) zwischen zwei dielektrischen Filmen.

Durch das Verwenden eines SiN:H-Films mit einer vorgegebenen Maximalzahl von N-H-Bindungen wird ein gutes Alterungsverhalten erzielt. Die genannte amorphe Siliziumschicht sorgt für ein Verbessern des Kontrastes, ohne daß die Durchschlagsfestigkeit herabgesetzt ist. Letzteres, weil die amorphe Siliziumschicht zwischen den zwei dielektrischen Schichten eingebettet ist.



DE 4019988 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Dünnschicht-ELD, also ein Elektrolumineszenzdisplay, das eine dünne Elektrolumineszenzschicht zwischen den elektrischen Schichten aufweist.

Ein bekanntes Dünnschicht-ELD wird nun anhand von Fig. 1 erläutert. Auf einem Gassubstrat 1 sind streifenförmige transparente Elektroden 2 und eine untere dielektrische Schichtfolge aufgebracht, die aus einem SiO_2 -Film 13 und einem SiN -Film 14 besteht. Es folgt eine Lumineszenzschicht 5, die auf der unteren dielektrischen Schichtfolge durch ein Elektronenstrahl-Abscheideverfahren aufgebracht ist. Darüber ist eine obere dielektrische Schichtfolge aus einem Si_3N_4 -Film 16 und einem Al_2O_3 -Film 17 angeordnet. Streifenförmige Rückelektroden 8 aus Al sind auf der oberen dielektrischen Schichtfolge so ausgebildet, daß sie die unteren durchsichtigen Elektroden 2 kreuzen. Die beiden dielektrischen Schichtfolgen sind durch Sputtern hergestellt. Spannung wird zwischen die transparenten Elektroden 2 und die Rückelektroden 8 angelegt, um die Lumineszenzschicht 5 zu Lichtabgabe durch das Gassubstrat 1 anzuregen.

Das Sputtern ist nachteilig zum Herstellen von Filmen in Massenproduktion. Dies aus folgenden Gründen:

- (i) Die Filmbildungsgeschwindigkeit ist niedrig.
- (ii) Der Filmbildungsbereich hängt von der Größe des Targets ab und ist daher begrenzt.

Die Produktivität beim Herstellen von Dünnschicht-ELDs mit einem Verfahren, bei dem die dielektrischen Schichtfolgen durch Sputtern hergestellt werden, ist daher niedrig.

Man hat daher versucht, die dielektrischen Schichtfolgen durch ein Plasma-CVD-Verfahren herzustellen, was zu hoher Produktivität führt. Es wurde versucht, ein Si_3N_4 -Film unter Verwendung von SiH_4 als Reaktionsgas herzustellen. Der Si_3N_4 -Film hat einen großen Einfluß auf Elektrolumineszenzeigenschaften. Es ändert sich insbesondere mit zunehmendem Alter die Schwellenspannung V_{th} für Lichtemission, was zu verringerter Zuverlässigkeit führt. Die genannte Schwellenspannung V_{th} hängt von der Filmqualität des Si_3N_4 -Films (im folgenden als $\text{SiN} : \text{H}$ -Film bezeichnet) ab.

Darüber hinaus besteht das folgende Problem beim Display gemäß Fig. 1. Da die obere dielektrische Schichtfolge 16, 17 durchsichtig ist und die Rückelektroden 8 aus Al sind, trifft Licht auf die Rückelektroden und wird von diesen in Richtung zum Gassubstrat 1 reflektiert. Dies verschlechtert den Kontrast. Um diesen Nachteil zu umgehen, wurde versucht, in der oberen dielektrischen Schichtfolge einen Film aus braunem amorphem Silizium (a-Si) einzusetzen. Hierdurch wurde jedoch die Durchschlagsspannung herabgesetzt und der Zusammenhang zwischen Helligkeit und Spannung verschlechterte sich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Dünnschicht-ELD anzugeben.

Das erfindungsgemäße ELD zeichnet sich dadurch aus, daß mindestens eine der beiden dielektrischen Schichtfolgen so ausgebildet ist, daß sie spannungsbedingte Eigenschaften des Displays verbessert.

Gemäß einer ersten vorteilhaften Weiterbildung besteht derjenige Film in mindestens einer der beiden dielektrischen Schichtfolgen, der direkt an die Elektrolu-

mineszenzschicht anschließt, aus $\text{SiN} : \text{H}$ mit höchstens etwa $1,2 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ N—H-Bindungen. Vorzugsweise liegen höchstens etwa $0,7 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ N—H-Bindungen vor. Es wurde festgestellt, daß die alterungsbedingte Änderung ΔV_{th} der Emissionsschwellenspannung eng mit der Anzahl von N—H-Bindungen pro Volumeneinheit im $\text{SiN} : \text{H}$ -Film abhängt.

Der eben genannte Zusammenhang ist in Fig. 5 dargestellt. Er gilt für einen $\text{SiN} : \text{H}$ -Film, der durch ein Plasma-CVD-Verfahren hergestellt wurde. Es wurden die Substrattemperatur, die Eingangsleistung, der Reaktionsdruck und andere Parameter geändert.

Aus dem Zusammenhang zwischen der Anzahl von N—H-Bindungen pro Volumeneinheit und der Änderung der Emissionsschwellenspannung folgt, daß durch ein Begrenzen der Anzahl der N—H-Bindungen auf maximal etwa $1,2 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ die genannte Spannungsänderung auf maximal 30 V begrenzt werden kann, was für die meisten Fälle ausreichend ist. Wird dafür gesorgt, daß maximal etwa $0,7 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ N—H-Bindungen vorliegen, beträgt die Änderung der Emissionsschwellenspannung maximal etwa 15 V.

ELDs mit diesen guten Eigenschaften lassen sich mit hoher Produktivität in Massen herstellen, da für das Herstellen der dielektrischen Schichten ein Plasma-CVD-Verfahren statt eines Sputterverfahrens verwendet wird.

Eine zweite vorteilhafte Weiterbildung, die gemeinsam mit der ersten eingesetzt werden kann, besteht darin, daß in der oberen dielektrischen Schichtfolge ein a-Si-Film verwendet wird, der zwischen einem ersten und einem zweiten dielektrischen Film angeordnet ist.

Da der a-Si-Film braun ist, wird in ihm Licht absorbiert, das zu den Rückelektroden gestrahlt wird. Dadurch tritt kein reflektiertes Licht durch das Substrat 1 aus.

Dadurch, daß der amorphe Siliziumfilm zwischen den dielektrischen Filmen liegt, wird ein Erniedrigen der Durchschlagsspannung gegenüber demjenigen Fall vermieden, in dem kein amorpher Siliziumfilm verwendet wird. Die dielektrischen Filme bestehen vorzugsweise aus Si_3N_4 und SiON . Diese Filme lassen sich leicht durch ein Plasma-CVD-Verfahren herstellen.

Der amorphe Siliziumfilm führt aber nicht nur zum Verbessern des Kontrastes, sondern er verbessert auch die Schwellencharakteristik beim Einschalten, was durch Fig. 9 veranschaulicht ist. Da der Film hohe Foto-leitfähigkeit aufweist, steigt die effektive Feldstärke für die Lumineszenzschicht, sobald diese Licht emittiert und sei es auch nur eine geringe Menge. Infolgedessen steigt die Lichtemission nach dem Überwinden einer Schwelle steil an.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von durch Figuren veranschaulichten Ausführungsbeispielen 2—9 näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 Teilquerschnitt durch ein bekanntes Dünnschicht-ELD;

Fig. 2 Teilquerschnitt durch ein Dünnschicht-ELD mit einem dielektrischen $\text{SiN} : \text{H}$ -Film mit einer vorgegebenen Maximalzahl von N—H-Bindungen;

Fig. 3 und 4 Darstellungen entsprechend der von Fig. 2, jedoch mit dem genannten Film nicht in zwei dielektrischen Schichtfolgen, sondern nur in einer oberen bzw. nur einer unteren Schichtfolge;

Fig. 5 Diagramm betreffend die Abhängigkeit einer Änderung der Emissionsschwellenspannung von der Anzahl von N—H-Bindungen;

Fig. 6 Diagramm entsprechend dem von Fig. 5, je-

doch für Si—H-Bindungen statt für N—H-Bindungen;

Fig. 7 Teilquerschnitt durch ein ELD mit einer dielektrischen Schichtfolge mit eingebettetem amorphem Siliziumfilm;

Fig. 8 Diagramm betreffend den Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Herstellbedingungen eines amorphen Siliziumfilms; und

Fig. 9 Diagramm betreffend den Zusammenhang zwischen Helligkeit und Spannung, die an ein ELD gelegt wird (A: für ein bekanntes ELD, B: für ein ELD gemäß Fig. 7).

Das Dünnfilm-ELD gemäß Fig. 2 ist von der groben Schichtfolge her entsprechend aufgebaut wie das bekannte, weist also ein Substrat 1, transparente Elektroden 2, eine untere dielektrische Schichtfolge, eine Lumineszenzschicht 5, eine obere dielektrische Schichtfolge und Rückelektroden 8 aus Al auf, die die transparenten Elektroden 2 rechtwinklig schneiden. Die untere dielektrische Schichtfolge besteht aus einem unteren dielektrischen Film 9 und einem SiN:H-Film 4. Die obere dielektrische Schichtfolge besteht aus einem weiteren SiN:H-Film 6 und einem oberen dielektrischen Film 10. Die beiden SiN:H-Filme sind durch ein Plasma-CVD-Verfahren hergestellt, während die dielektrischen Filme 9 und 10 durch ein beliebiges Verfahren hergestellt sind, das sich zur Massenherstellung gut eignet, z. B. durch ein Sol-Gel-Verfahren.

Zwischen der alterungsbedingten Änderung ΔV_{th} der Emissionsschwellenspannung und der Anzahl von N—H-Bindungen pro Volumeneinheit im SiN:H-Film besteht ein enger Zusammenhang, wie er aus Fig. 5 ersichtlich ist, während zwischen der genannten Spannungsänderung und der Anzahl von Si—H-Bindungen pro Einheitsvolumen kein Zusammenhang besteht, was aus Fig. 6 erkennbar ist.

Aus Fig. 5 geht hervor, daß in den meisten Fällen die genannte alterungsbedingte Spannungsänderung auf maximal etwa 30 V begrenzt werden kann, wenn maximal etwa $1,2 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ N—H-Bindungen in den SiN:H-Filmen 4 und 6 zugelassen werden. Vorteilhaft ist es, die Anzahl der genannten Bindungen maximal auf etwa $0,7 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ zu halten, um die genannte Spannungsänderung im Normalfall nicht über 15 V ansteigen zu lassen.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 liegt ein SiN:H-Film jeweils in der unteren und der oberen Schichtfolge vor. Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem ein solcher Film nur in der oberen Schichtfolge vorhanden ist, während er beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 nur in der unteren dielektrischen Schichtfolge vorhanden ist.

Auch das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 weist die grobe Folge von Schichten auf, wie anhand der Fig. 1 und 2 erläutert. Die untere dielektrische Schichtfolge besteht dabei aus einem SiO_2 -Film 23 und einem Si_3N_4 -Film 24 (SiN:H-Film). Die obere dielektrische Schichtfolge zeichnet sich dadurch aus, daß sie zwischen zwei dielektrischen Filmen einen a-Si-Film 27 aufweist. Der dielektrische Film, der an die Lumineszenzschicht 5 anschließt, ist ein Si_3N_4 -Film 26 (SiN:H-Film), während der über dem Film aus amorphem Silizium liegende Film ein SiON-Film 29 ist.

Der Si_3N_4 -Film 26, der a-Si-Film 27 und der SiON-Film 29 werden durch ein Plasma-CVD-Verfahren unter den folgenden Bedingungen hergestellt.

Zunächst wird der Si_3N_4 -Film 26 durch Verwenden von SiH_4 und N_2 als Reaktionsgas bei einer Konzentration von 2% SiH_4 hergestellt. Der a-Si-Film 27 wird

durch ausschließliches Verwenden von SiH_4 als Reaktionsgas hergestellt. Als Reaktionsgase zum Aufbringen des SiON-Films 29 werden SiH_4 , N_2 und N_2O mit einer Konzentration von 2% SiH_4 und 2% N_2O verwendet. Diese drei Filme können kontinuierlich auf einfache Weise hergestellt werden. Der Si_3N_4 -Film 26 und der SiON-Film 29 wurden so hergestellt, daß eine Leitfähigkeit im Bereich von 10^{-13} – $10^{-15} \text{ Ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ erzielt wurde. Der a-Si-Film 27 wies bei fehlender Lichtemission, also im Dunkeln, eine Leitfähigkeit σ_d im Bereich von 10^{-9} – $10^{-10} \text{ Ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ auf; bei Lichtemission ist die Leitfähigkeit σ_{ph} etwa $10^{-5} \text{ Ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Aus Fig. 8 geht hervor, daß derartige Werte in einem breiten Bereich des Verhältnisses N_2/SiH_4 erzielt werden. In Fig. 8 ist der Bereich von 0– 10^{-2} für das genannte Verhältnis dargestellt.

Es wurden mehrere Dünnfilm-ELDs mit dem genannten Aufbau in bezug auf Kontrast, Abhängigkeit der Helligkeit von der Spannung und dielektrische Durchschlagsfestigkeit untersucht, wobei die Dicke des oberen Si_3N_4 -Films 26 auf 300–400 Å gehalten wurde und die Dicken des a-Si-Films 27 und des SiON-Films 29 variiert wurden. Es ergab sich, daß die optimale Dicke für den a-Si-Film 26 etwa 1000 Å und die optimale Dicke für den SiON-Film 29 etwa 1500–1600 Å ist.

Der a-Si-Film 27 weist eine Energielücke von etwa 1,7–2,0 eV auf. Seine Farbe ist hell- bis dunkelbraun. Daher wird im a-Si-Film 27 Licht absorbiert, das aus der Lumineszenzschicht 5 zu den Rückelektroden 8 strahlt. An den Rückelektroden 8 reflektiertes Licht gelangt daher nicht mehr zum Glassubstrat 1, wodurch ein guter Kontrast erzielt wird.

Von allen Lichtkomponenten, die eine Lumineszenzschicht 25 aus ZnS:Mn emittiert, hat die Komponente, die einer Bandlücke von 2,1 eV zugeordnet ist, die größte Intensität. Dieses Licht wird vom a-Si-Film 27 gut absorbiert, unabhängig davon, wie schwach die Strahlung ist. Beim Absorbieren erhöht sich die Leitfähigkeit des Films und damit die effektive Feldstärke, die an der Lumineszenzschicht 5 anliegt. Daher steigt die Helligkeitskurve bei einem ELD mit einer amorphen Siliziumschicht in der oberen dielektrischen Schichtfolge beim Überschreiten der Emissionsschwellenspannung viel stärker an (Kurve B in Fig. 9) als bei einem bekannten ELD (Kurve A).

Die Durchschlagsfestigkeit des ELD hängt von der Dicke des SiON-Films, dem Sauerstoffgehalt in diesem Film und der Dicke des a-Si-Films ab. Gute Durchschlageigenschaften wurden bei einer Dicke des a-Si-Films von 1000 Å und des SiON-Films von 1500–1600 Å erzielt.

Die Helligkeitseigenschaften und das Verhalten der Emissionsschwellenspannung hängen stark von den Bedingungen beim Herstellen des Si_3N_4 -Films 26 auf der Lumineszenzschicht 5 ab. Beim bevorzugten Ausführungsbeispiel wurde eine Gaskonzentration von 2% SiH_4 verwendet und der Si_3N_4 -Film wurde mit einer Dicke von 300–400 Å ausgeführt, wie bereits vorstehend angegeben.

Beim beschriebenen Ausführungsbeispiel weist jeder Film der oberen dielektrischen Schichtfolge durchgehend dieselbe Zusammensetzung auf. Beim Ausbilden der Filme können jedoch die Mischungsverhältnisse von SiH_4 , N_2 und N_2O allmählich geändert werden, so daß der Si_3N_4 -Film 26 kontinuierlich in den a-Si-Film 27 und dieser kontinuierlich in den SiON-Film 29 übergeht.

Patentansprüche

1. Dünnfilm-ELD mit:
— einer unteren dielektrischen Schichtfolge (9, 4; 23, 24),
— einer Lumineszenzschicht (5),
— und einer oberen dielektrischen Schichtfolge (6, 10; 26 27, 29),
dadurch gekennzeichnet, daß
— mindestens eine der beiden dielektrischen Schichtfolgen so ausgebildet ist, daß sie spannungsbedingte Eigenschaften des Displays verbessert.
2. ELD nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der beiden dielektrischen Schichtfolgen als Film, der direkt an die Lumineszenzschicht (5) grenzt, einen SiN : H-Film (4, 6) aufweist, der durch ein Plasma-CVD-Verfahren hergestellt ist und höchstens etwa $1,2 \times 10^{22}$ N—H-Bindung pro cm^3 aufweist.
3. ELD nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der SiN : H-Film (4, 6) höchstens etwa $0,7 \times 10^{22}$ N—H-Bindungen pro cm^3 aufweist.
4. ELD nach einem der Ansprüche 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß die obere dielektrische Schichtfolge einen amorphen Siliziumfilm (27) aufweist, der zwischen zwei dielektrische Filme (26, 29) eingebettet ist.
5. ELD nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der an die Lumineszenzschicht (5) angrenzende dielektrische Film (26) ein Siliziumnitridfilm ist und der andere dielektrische Film ein Siliziumoxynitridfilm ist und daß alle drei Filme der genannte dielektrischen Schichtfolge durch ein Plasma-CVD-Verfahren hergestellt sind.
6. ELD nach einem der Ansprüche 1—5, dadurch gekennzeichnet, daß die Lumineszenzschicht (5) aus ZnS : Mn besteht.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

Fig. 1 STAND DER TECHNIK

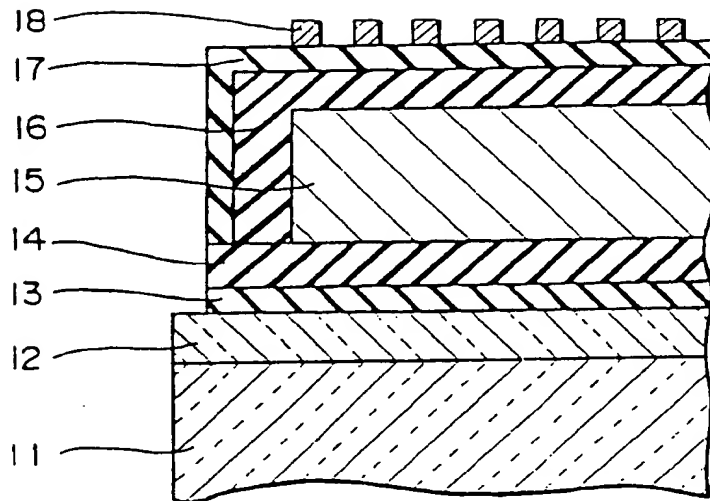


Fig. 2

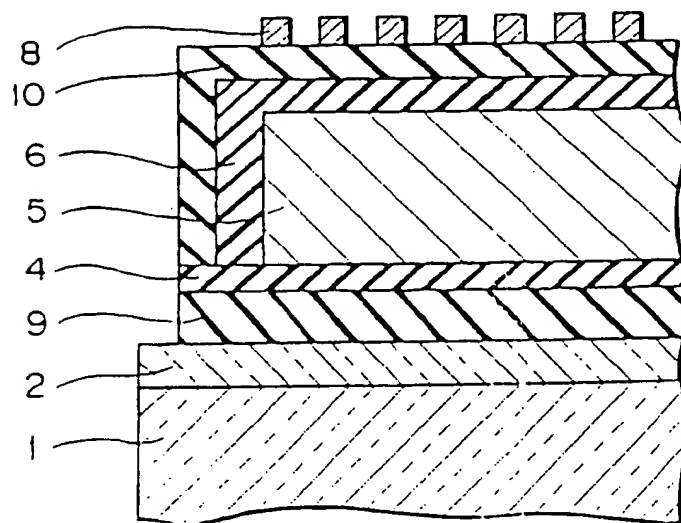


Fig. 3

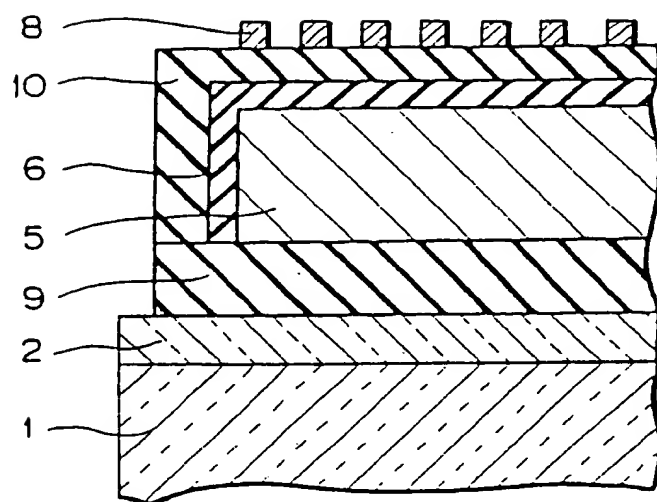


Fig. 4

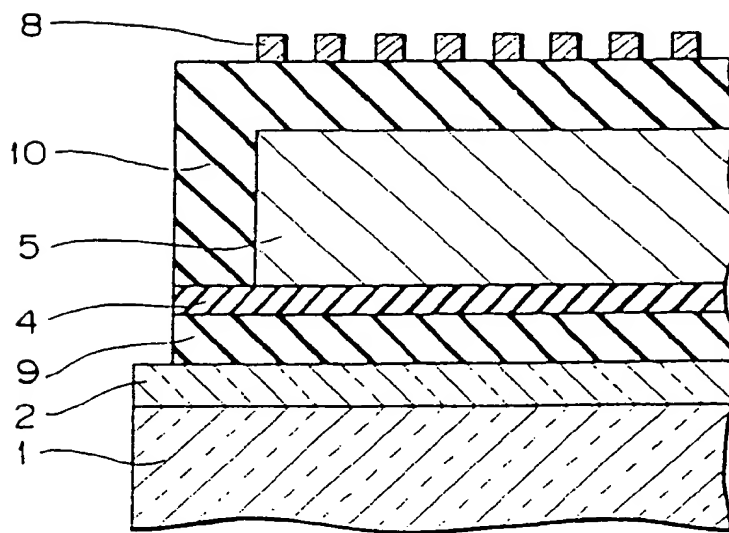


Fig. 5

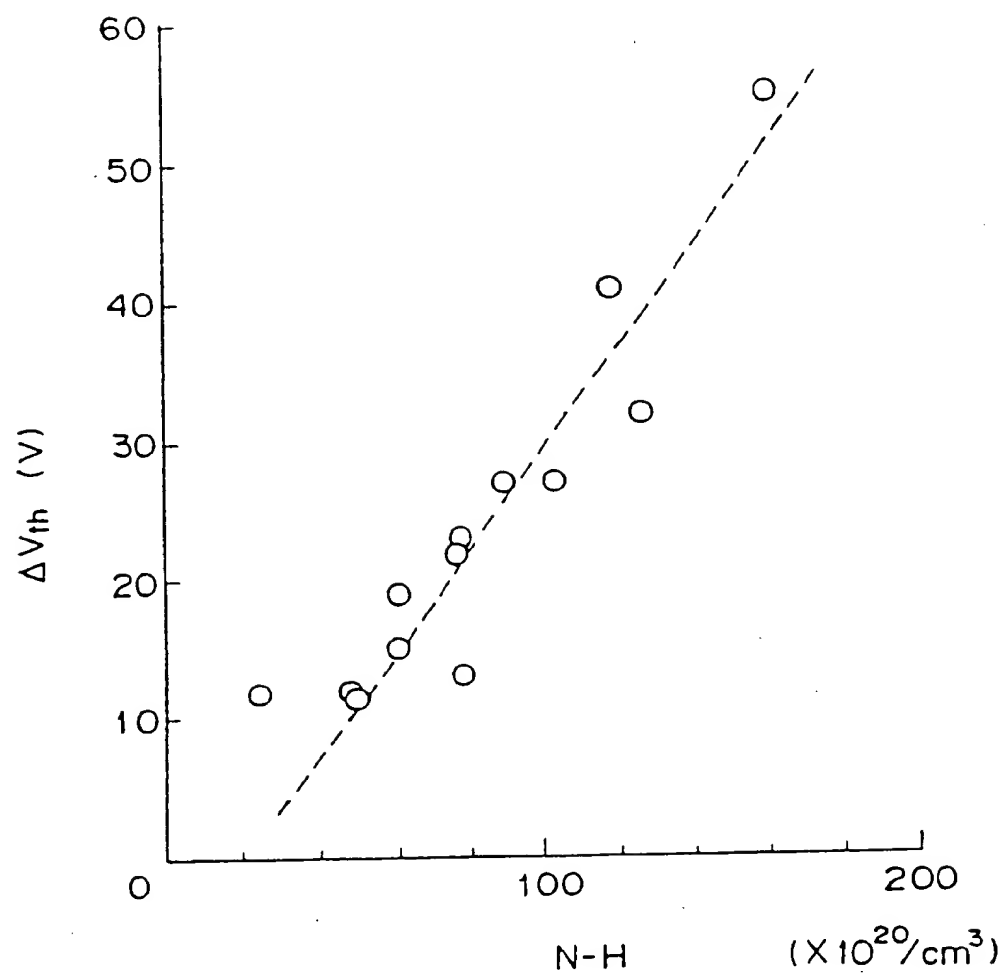


Fig. 6

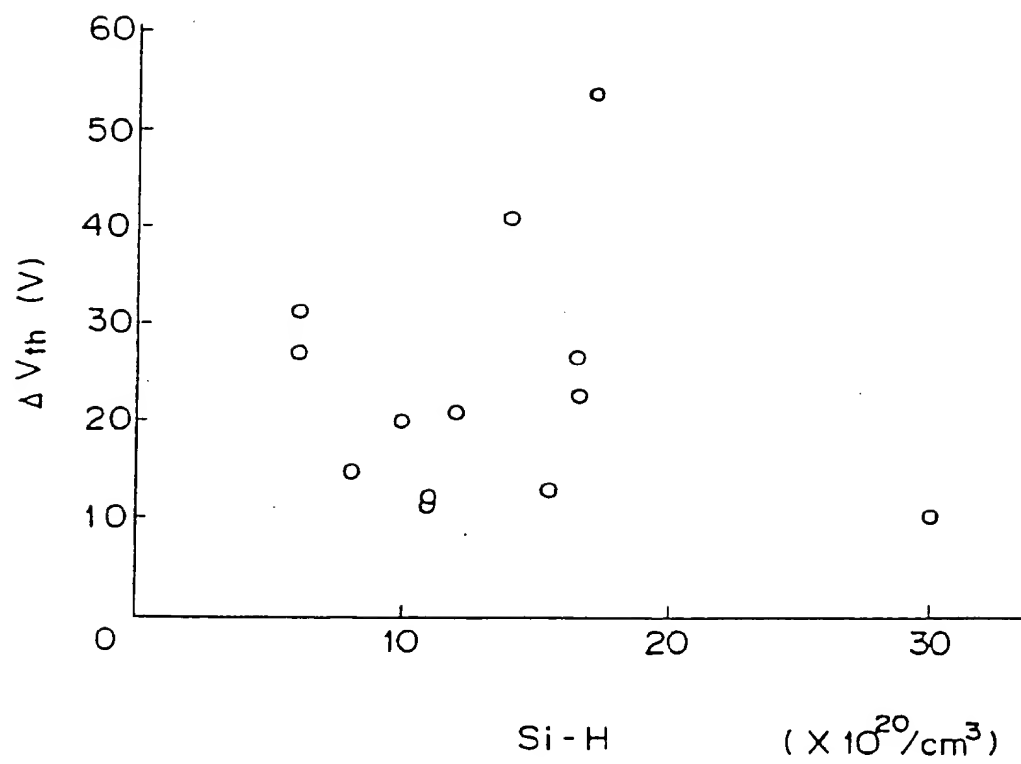


Fig. 7

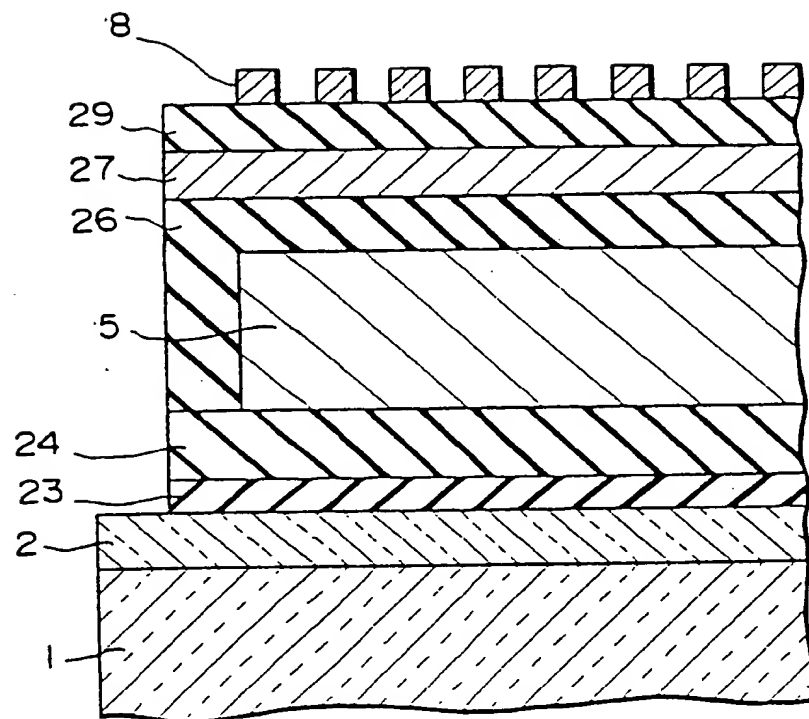


Fig. 8

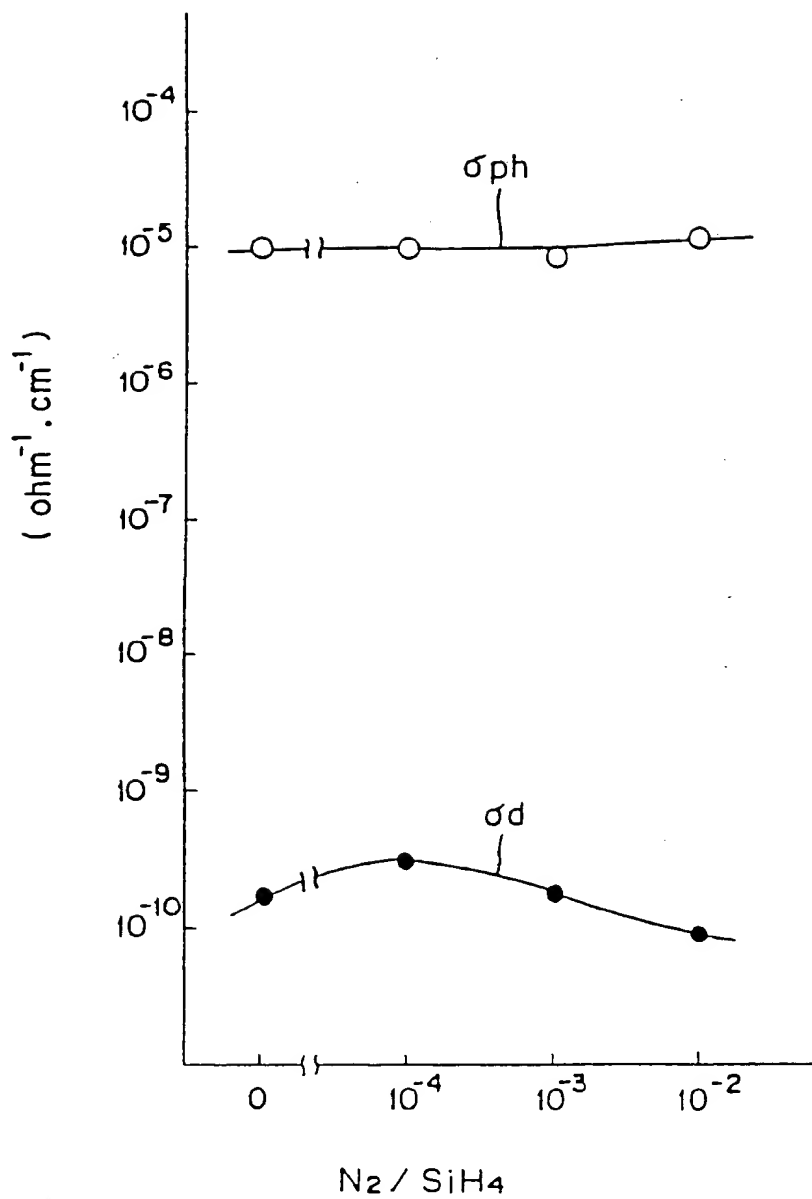


Fig. 9

